

54 GPS RECEIVER

11 4-326079 A 40 16111992 (19) JP

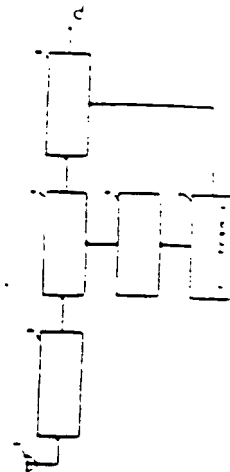
12 Appl. No. 199048 (12) 2641991

13 NIPPONDENSO CO LTD (13) YOSHITAKA OZAKA

51 Int. Cl. G01S5 14

PURPOSE: To shorten the time till the catching of a satellite radio wave and to rapidly start the measurement of a position by calculating the Doppler quantity of the satellite radio wave due to the motion of an artificial satellite and altering search frequency on the basis of said Doppler quantity.

CONSTITUTION: The transmission radio waves from a plurality of artificial satellites are received by an antenna 1 and converted in frequency in a frequency converting part 5. In a signal processing part 6, search frequency is set on the basis of the reference frequency from a reference frequency oscillator 3 and the Doppler quantity of satellite radio waves due to the motion of the artificial satellites to a receiver is calculated and the search frequency is altered on the basis of the calculated Doppler quantity. The receiving processing of the receiving signal converted in the frequency converting part 5 on the basis of the altered search frequency.



2 amplifier 4 frequency multiplication circuit 5 measured positional value

(11) 特許出願公開番号

(43)公開日 平成4年(1992)11月16日

技術表示用時

5113-5 J

審査請求 未請求 請求項の数：(全 7 頁)

(71)出願人 000004260

日本電装株式会社

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地

(72) 発明者 尾崎 義隆

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 日本電
装株式会社内

(72) 癸明者 北川 弘之

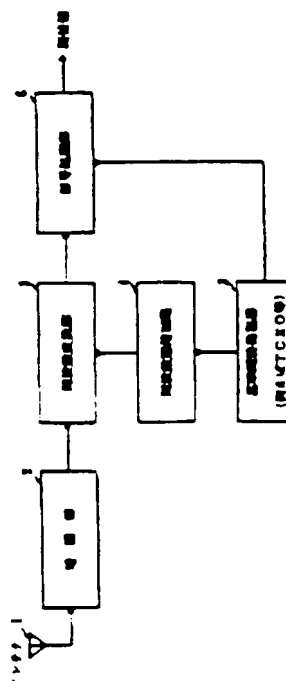
愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 日本電
装株式会社内

(74) 代理人 井理士 確水 裕彦

57: 【要約】

【目的】 人工衛星の運動による衛星電波のドップラー
 効果を求め、これによりサービ周波数の変更を行って衛星
 追跡時間の短縮し測位開始を早くするようにす
 ることを目的とする

〔構成〕 複数の人工衛星からの送信電波をアンテナ1にて受信し、このアンテナ1にて受信された複数の人工衛星からの送信電波は周波数変換部5にて周波数変換される。また、信号処理部6では、基準発振器3からの基準周波数によりサーチ周波数を設定し、また当該受信機に対する前記人工衛星の運動による衛星電波のドップラ―量を求め、この求めたドップラ―量により前記サーチ周波数を変更する。この変更されたサーチ周波数にて前記周波数変換部5にて変換された受信信号の受信処理を



【特許請求の範囲】

【請求項1】 複数の人工衛星からの送信電波を受信するアンテナと、このアンテナを介して受信した複数の人工衛星からの送信電波を受信処理して車両の位置を求める受信手段とを備えたGPS受信機において、前記受信手段は、基準周波数を設定する基準周波数発振手段を備え、この基準周波数発振手段にて設定された基準周波数に基づいてサーチ周波数を設定し、このサーチ周波数にて前記人工衛星からの送信電波の受信を行うものであって、当該受信機に対する前記人工衛星の運動による衛星電波のドップラー量を求める手段と、この求めたドップラー量により前記サーチ周波数を変更する手段とを備えたことを特徴とするGPS受信機。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は人工衛星からの送信電波を受信して受信機的位置を検出するGPS受信機に関する。

【0002】

【従来技術】 従来、この種のGPS受信機においては、特開昭63-308587号公報に示されているように、基準周波数発振器（以下、TCXOという）の近傍に温度センサ等を配置し、それらセンサの出力よりTCXOの出力周波数のズレ量を予測し、衛星電波捕捉迄の時間を短縮するようにしている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 しかし、温度センサの出力と、TCXOの出力周波数のズレ量は、単純な関係ではなく、温度センサの出力からTCXOの出力周波数のズレ量を求めるには、温度センサの出力を適当な範囲で分割し、この範囲内でのTCXOの出力周波数のズレ量を記憶しておかねばならず、この記憶領域が大量に必要となる。また、温度センサ、TCXO共に経年変化等で、特性が変化していくので、前記記憶情報が大きな誤差を持つようになることもあり得る。さらに、この様に誤差が生じた場合に、この誤差は、測位を行う迄は検出されず、この誤差によって3つ以上の衛星に対して衛星電波捕捉迄の時間が長くなる。

【0004】 そこで、本発明は、衛星電波捕捉迄の時間を長くする要因が、TCXOの出力周波数のズレだけでなく、人工衛星の運動によるドップラーシフトも大きな要因となることに着目し、人工衛星の運動による衛星電波のドップラー量を求め、これによりサーチ周波数の変更を行って衛星電波捕捉迄の時間を短縮し測位開始を早めるようにすることを目的とするものである。

【0005】

【課題を解決するための手段】 本発明は、上記目的を達成するため、複数の人工衛星からの送信電波を受信するアンテナと、このアンテナを介して受信した複数の人工衛星からの送信電波を受信処理して車両の位置を求める

受信手段とを備えた車両用GPS受信機において、前記受信手段は、基準周波数を設定する基準周波数発振手段を備え、この基準周波数発振手段にて設定された基準周波数に基づいてサーチ周波数を設定し、このサーチ周波数にて前記人工衛星からの送信電波の受信を行うものであって、当該受信機に対する前記人工衛星の運動による衛星電波のドップラー量を求める手段と、この求めたドップラー量により前記サーチ周波数を変更する手段とを備えたことを特徴としている。

10 【0006】

【実施例】 以下、本発明を図に示す実施例について説明する。図1は、本発明の一実施例を示す車両用GPS受信機の構成図である。アンテナ1は、GPS衛星からの衛星電波を捕え電気信号に変換する。この電気信号は増幅部2で、十分に増幅され、周波数変換部5に入力される。周波数変換部5では、基準周波数発振器（以下、TCXOという）3の出力を周波数選倍回路4で選倍した局部発振周波数と受信信号を合成し、周波数変換を行う。

【0007】 なお、その周波数変換は1度のみならず2度以上の変換を行なう構成であってもよい。信号処理部6では、周波数変換された受信信号に対して、TCXO3の信号を用いてキャリア成分の復調、及び模擬雑音信号の復調を行なう。この動作をサーチ動作といい、復調に成功して追従している状態を衛星電波を捕捉した状態という。さらに、信号処理部6では軌道データの復調、測位計算の処理を行なう。

【0008】 この信号処理部6において、サーチ動作から衛星電波捕捉迄を高速にするようにした点に本発明の特徴がある。この信号処理部6は、その動作を実行するために、マイクロコンピュータを用いて構成されており、後述する種々の動作を行わせるためのプログラムに従って、その動作を実行する。

【0009】 この信号処理部6におけるマイクロコンピュータの作動について次に説明する。図2はその演算処理を示すフローチャートである。まず、ステップ100では、衛星の選択および衛星の位置を演算する処理を行う。この場合、ウォームスタートあるいはホットスタートの時と、コールドスタートの時とでは異なる動作を行なう。ウォームスタートとは、概略軌道データ（オルマナックデータ）及び概略受信機位置を受信機内に記憶しており、かつ現在の時間も概略わかっている状態をいう。ホットスタートとは、更に、詳細軌道データ（エフェメリスデータ）も受信機内に記憶している状態をいう。コールドスタートとは、上記2つの状態以外を指している。これらのオルマナックデータ、概略受信機位置、エフェメリスデータについては、前回までの処理によって求められ記憶されたものであり、その記憶情報に従って、上記3つの場合にいずれであるかが判別される。

【0010】 そして、ウォームスタートあるいはホットスタート時には、まず概略軌道データより衛星位置

3

受信機において、前記基礎周波数発振手段にて設定された基礎周波数の受信を行うもので、二衛星の運動による手段と、この求めたドップラ量を変更する手段とを

本実施例について説明する車両用GPS受信機は、GPS衛星からの電波を受信し、この電波信号を増幅・変換回路に入力され、周波数変換回路（以下、TCXO）で受信した局

周波数変換を行なう。

これは一度のみならず2

度、信号処理部

信号に対して、TCXO

の復調、及び擬似雑音

サーチ動作を行い、復調

衛星電波を捕捉した状態

では軌道データの復調、

において、サーチ動作が

ようにした点に本件の特

点、その動作を実行するた

りて構成されており、後

述のプログラムに従って

におけるマイクロコンピ

ュタは、図2はその演算処

理部、ステップ100で

位置を演算する処理を行

なす。あるいはホットス

タート時には異なる動作を行

なす。軌道データ（アルマ

ダ）を受信機内に記憶し

ておける状態をい

ふ。また軌道データ（ニ

ュタ）に記憶している状態をい

ふ。この状態以外を指し

て、前記衛星電波の

受信機は、前記衛星電波の

受信機は、前記衛星電波の

受信機は、前記衛星電波の

受信機は、前記衛星電波の

受信機は、前記衛星電波の

位置を計算し、その中から可視衛星（受信可能衛星）を判定する。これら可視衛星の組み合わせで測位の精度が良くなるものを追跡可能な数だけ選択する。

【0011】また、コールドスタート時には、衛星位置が計算できないため、衛星を最適に選択することは不可能である。従って、衛星番号1～32の衛星を順次サーチする様な選択とする。

【0012】続くステップ110では、ステップ100で選択した衛星について、衛星電波の周波数を予測する。ウォームスタートあるいはホットスタートの場合は衛星位置が概略軌道データより計算できるので、ステップ100で求めた衛星位置から適当な微小時間後の衛星位置を求め、この微小時間での、衛星・受信機（受信機内の概略受信機位置データを用いる）間の距離の変化により、衛星の速度 v_s を求め、この衛星の速度 v_s に基づきドップラ量 Δf_d を次式で求める。

【0013】

【数1】 $\Delta f_d = v_s \cdot f_0 / C$

但し、 f_0 は衛星電波送信周波数（1575.42MHz）、 C は光速（299892458m/s）である。

【0014】また、後述するステップ160あるいは180のTCXOズレ量演算手段で求めるTCXOズレ量 Δf_{TCXO} と前記衛星の運動によるドップラ量 Δf_d を考慮して以下の式で、衛星電波の周波数予測値 f_p を求める。（ Δf_{TCXO} は計算される迄は0とする。）

【0015】

【数2】 $f_p = f_0 - \Delta f_d - \Delta f_{TCXO}$

この実施例では、TCXOのズレ量 Δf_{TCXO} は、周波数変換後の値を指している。従って実際のTCXOの周波数ズレ量は、 Δf_{TCXO} を通信数で割った量となる。

【0016】また、コールドスタートの場合は、衛星の運動によるドップラ量 Δf_d を求めることができないため衛星電波の周波数予測値 f_p は以下の式で求める。

【0017】

【数3】 $f_p = f_0 - \Delta f_{TCXO}$

続くステップ120では、ステップ100で選択されたステップ110で衛星電波の周波数が予測された衛星について、サーチ動作を行なう。このステップは、衛星電波を捕捉するか、擬似雑音符号の全位相について相関計測を行なっても、相関が得られない場合に終了する。

【0018】続くステップ130においては、ステップ120の結果に従って、処理を振り分ける。すなわち、

ステップ120のサーチ動作で衛星電波が捕捉できた場合には、処理をステップ150へ進め、捕捉できなかった場合には、処理をステップ140へ進める。

【0019】ここで、衛星電波の捕捉に失敗し、ステップ140へ進むと、ステップ110で求めた衛星電波予測周波数の近傍でサーチ周波数を制御する操作を加える。この操作は、全周波数にわたってドップラ量は、概略軌道

4

データ、受信機時計、受信機の概略位置データの精度により誤差を生じる。またTCXOのズレ量も、温度等の要因で起こる短期変動分は補正しきれない。さらに、車両の運動による衛星電波のドップラ等で、衛星電波の予測周波数と、実際の周波数に誤差が生じるため衛星電波を捕捉できないことがある。このため、衛星電波予測周波数を中心とし、前記予測の精度の範囲近、サーチ動作を行なう必要がある。又、サーチを何Hz毎に行なうかは、何Hzズレた信号まで、擬似雑音符号の相関を求めることができるかという性能で決定される。

【0020】サーチ周波数の制御の仕方は、以下3つの状態に異なる。1つはウォームスタートあるいはホットスタート時で、2つ目はコールドスタート時、3つ目は測位開始後である。

【0021】ここで、本件の特徴として、サーチ周波数の制御を、サーチ範囲内を均等に行なうのではなく、図3に示すごとく前記衛星電波周波数予測値 f_p を一番頻度を高くし、これから離れるに従って頻度を低くする。これは建物等による衛星電波の遮断という車両特有の環境に対する配慮のためである。

（1）ウォームスタートあるいはホットスタート時
衛星電波の周波数予測値 f_p を中心として、① f_p を中心に、 $f_p \pm f_{step}$ まで、 f_{step} 単位で±両方向交互にサーチする。

【0022】② f_p を中心に、 $f_p \pm f_{step}$ まで、 f_{step} 単位で±両方向交互にサーチし、 $f_p + (2+i) \cdot f_{step} \sim f_p + (3+i) \cdot f_{step}$ と $f_p - (2+i) \cdot f_{step} \sim f_p - (3+i) \cdot f_{step}$ の周波数帯を交互に f_{step} 単位でサーチする。（ $i=0$ ）③②の処理を $i=1, 2, 3$ と増やしていく。（キャリア周波数のシフト量は $\pm f_{step}$ まで）④①に戻る。

【0023】実際の制御は、図4のフローチャートに従って行なわれる。なお、 f_{step} は、頻度高くサーチする範囲を示し、 f_p の精度とTCXO周波数の短期変動量より設定される。

【0024】 f_{step} は、サーチ単位を示し、補足可能な範囲のキャリア周波数ズレ量より設定される。 f_{step} は、頻度低くサーチする周波数帯の分割の単位を示す。

【0025】 f_{step} は、衛星運動によるドップラ量及びTCXOのズレ量の最大値より設定される。上記①～③の処理によりサーチ周波数は図5に示す範囲内で変更される。

（2）コールドスタート時
全衛星の衛星電波周波数予測値 f_p を0として、 f_{step} 単位で±両方向に、最大 f_{step} までサーチする。この場合、図6に示す数字の順番でサーチされる。なお、 f_{step} は、サーチ単位を示し、 $f_{step} > f_{step}$ である。

【0026】このコールドスタート時には、前記衛星電波の周波数予測値 f_p を求めることができない

(4)

で、サーチ幅は、考えうるドップラー量全ての幅としなければならない。さらに、TCXOのズレ量も求められていなければ、そのズレ量の子測最大値を含めたサーチ幅としなければならない。従って、サーチ時間は非常に長くなる。このため、サーチの単位をウォームスタート及びホットスタート時より、大きく設定してある ($f_{\text{max}} > f_{\text{min}}$)。これにより、信号の弱い衛星を捕捉する事はできないが、信号の強い衛星を高速で捕捉することができ、1つの衛星を捕捉したら、後述するTCXOズレ量演算手段1で、TCXOのズレ量を求め、さらにこの衛星から概略軌道データを収集することにより、以後の衛星捕捉迄の時間を短縮することが可能となる。

【0027】実際の制御は図7のフローチャートに従って行なわれる。

(3) 測位開始後

衛星電波予測周波数 f_{pre} を中心に、 $\pm f_{\text{max}}$ まで前記 f_{min} 単位で両方向交互にサーチする。この場合、図8に示す数字の順番でサーチされる。なお、 f_{max} は、サーチする範囲を示し、 $f_{\text{max}} > f_{\text{min}}$ である。

【0028】測位を行なった場合は、受信機の時計が正確に補正され、又、受信機位置も正確になる。さらに、TCXOズレ量も後述するTCXOズレ量演算手段2で正確に求めることができるため、サーチ幅を狭くすることができ、新しい衛星の電波捕捉迄の時間を高速化することができる。

【0029】実際の制御は図7のフローチャートに示すものと同様であるが、 f_{max} を f_{min} に、 f_{min} を f_{max} にして処理が実行される点で異なる。以上がステップ140の動作であるが、上述したサーチの幅・単位等の値 f_{max} 、 f_{min} 、 f_{max} 、 f_{min} は、システムに応じて様々に設定することができる。

【0030】以上の様にステップ120、130、140の動作が衛星電波の捕捉に成功するまで繰返される。衛星電波の捕捉に成功した場合、制御は続くステップ150に移される。ステップ150では衛星電波の捕捉に成功した衛星の数を管理しており、これが2つ以下の場合と3つ以上の場合で処理を振り分ける。2つ以下の場合、ステップ160へ、3つ以上の場合、ステップ170へ処理を移行する。

【0031】ステップ160では、衛星電波に含まれる時刻情報で、受信機時計を概略補正し、これと上記した概略もしくは詳細軌道データより衛星運動によるドップラー量を求める。このドップラー量と実測周波数の差をTCXOのズレ量として求める。また、捕捉に成功した

衛星が2個ある場合には、それぞれTCXOのズレ量の平均を求め、この量をTCXOのズレ量とする。また、このステップでは、スレーブ時計の周波数の制御の初期化も行なう。初期化は、衛星電波を衛星電波周波数予測値に戻すことを行なう。

【0032】ここで求めたTCXOのズレ量には、衛星の運動が考慮されていない、受信機位置が正確でない理由により誤差が含まれている。ステップ150で捕捉に成功した衛星が3つ以上であると判定した場合、ステップ170で衛星電波の追跡・測位処理が行なわれる。測位については、特開昭63-198887号で記載されたものと同様である。

【0033】ステップ180では、ステップ170で求めた最新の受信機位置を用いて、TCXOのズレ量を正確に求める。例えば衛星を4個用いて、緯度・経度・高度を求める3次元測位の後は、以下の様にして求める。測位によって求めた受信機的位置を座標の原点とし、東をE軸、北をN軸、上方向をU軸とするENU座標を定める。このENU座標上での各衛星の位置を求め、受信機から衛星へ向かう単位ベクトルの各座標軸への方向余弦を求め、以下の行列を作成する。

【0034】

【数4】

$$\begin{bmatrix} n_1 & e_1 & u_1 & -1 \\ n_2 & e_2 & u_2 & -1 \\ n_3 & e_3 & u_3 & -1 \\ n_4 & e_4 & u_4 & -1 \end{bmatrix}$$

但し、 n_i はENU座標系において衛星へ向かう単位ベクトルのN軸への方向余弦を示し、 e_i はENU座標系において衛星へ向かう単位ベクトルのe軸への方向余弦を示し、 u_i はENU座標系において衛星へ向かう単位ベクトルのu軸への方向余弦を示している。

【0035】衛星iの電波の実測周波数と、前述した衛星の運動によるドップラー量 Δf_i との差が、車両の運動と、TCXOのズレによって主じる。これを f_{dui} とすると、この f_{dui} は次式で求めることができる。

【0036】

【数5】 $f_{dui} = \text{実測周波数} - (f_{\text{pre}} + \Delta f_i)$
数式2、数式3より。

【0037】

【数6】

それぞれ求めたTCXOのズレ量をTCXOのズレ量とする。ステップ140のサーチ周波数、初期化とは、サーチ周波数に突すことをいう。

TCXOのズレ量には、車両受信機位置が正確でない等がある。ステップ150で、位置があると判定した場合は、位置・測位処理が行なわれ、553-198887号等に

ては、ステップ170で求め、TCXOのズレ量を正しく用いて、緯度・経度・高度では、以下の様にして求め、受信機位置を座標の原点とし、方向をy軸とするENU座標系での各衛星の位置を求め、ベクトルの各座標軸へ投影される。

$$\begin{bmatrix} n_1 e_1 u_1 - 1 \\ n_1 e_1 u_1 - 1 \\ n_1 e_1 u_1 - 1 \\ n_1 e_1 u_1 - 1 \end{bmatrix}$$

系において衛星へ向かう単位ベクトルを示し、 e_1 はENU座標系ベクトルのe軸への方向余弦係数において衛星へ向かう単位ベクトルを示している。

の実際の周波数と、前述した衛星位置との差が、車両の運動によって生じる。これをfd_uの式で求めることができる。

$$\begin{bmatrix} f_n \\ f_e \\ f_u \\ \Delta f_{TCXO} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} n_1 e_1 u_1 - 1 \\ n_1 e_1 u_1 - 1 \\ n_1 e_1 u_1 - 1 \\ n_1 e_1 u_1 - 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} f d u_1 \\ f d u_1 \\ f d u_1 \\ f d u_1 \end{bmatrix}$$

但し、 f_n 、 f_e 、 f_u は、車両の速度の n 、 e 、 u 軸成分のドップラー換算値である。

【0038】従って、上記式により、TCXOのズレ量 Δf_{TCXO} を正確に求めることができる。また、衛星を3×10

*個用いて、高度を固定し緯度・経度を求める2次元測位の後では、3次元測位と同様に次式を用いて求める。

【0039】

【数7】

$$\begin{bmatrix} f_n \\ f_e \\ \Delta f_{TCXO} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} n_1 e_1 u_1 - 1 \\ n_1 e_1 u_1 - 1 \\ n_1 e_1 u_1 - 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} f d u_1 \\ f d u_1 \\ f d u_1 \end{bmatrix}$$

なお、このステップ180にて求められたTCXOのズレ量 Δf_{TCXO} は、この信号処理部6内の記憶装置（バッテリバックアップされたもの）に記憶保持され、この記憶保持された値は次の車両始動時のステップ110の周波数予測演算に供される。

【0040】なお、上記実施例では、基準周波数発振器にTCXOをもちいたが、これは水晶発振器等の他の発振手段を用いてもよい。また、上記した衛星電波の周波数予測を正確にするものは、車両以外の用途のGPS受信機にも適用できる。

【0041】

【発明の効果】以上述べたように本発明によれば、人工衛星の運動による衛星電波のドップラー量を求め、これによりサーチ周波数の変更を行って人工衛星からの電波のサーチ動作を行うようにしているから、基準周波数のズレに対して適正なるサーチ周波数を得て、衛星電波捕獲の時間を短縮し測位開始を早くするようにすることができるという優れた効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明を適用したGPS受信機の構成を示した

図である。

【図2】信号処理部におけるマイクロコンピュータの演算処理を示すフローチャートである。

【図3】サーチ周波数制御の説明に供する説明図である。

【図4】ウォームスタート及びホットスタート時のサーチ周波数制御を示すフローチャートである。

【図5】ウォームスタート及びホットスタート時のサーチ周波数制御を説明するための説明図である。

【図6】コールドスタート時のサーチ周波数制御を説明するための説明図である。

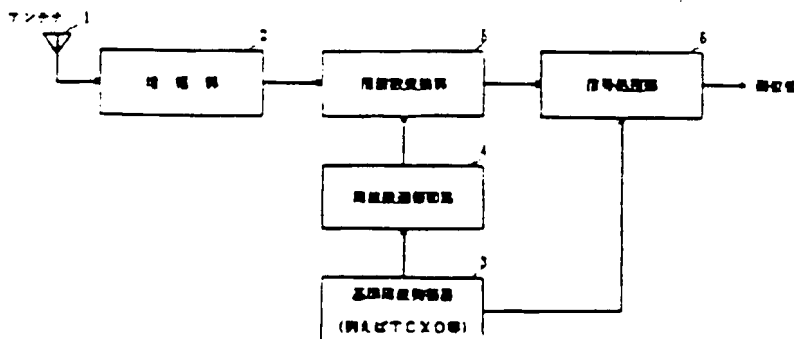
【図7】コールドスタート時のサーチ周波数制御を示すフローチャートである。

【図8】測位開始後のサーチ周波数制御を説明するための説明図である。

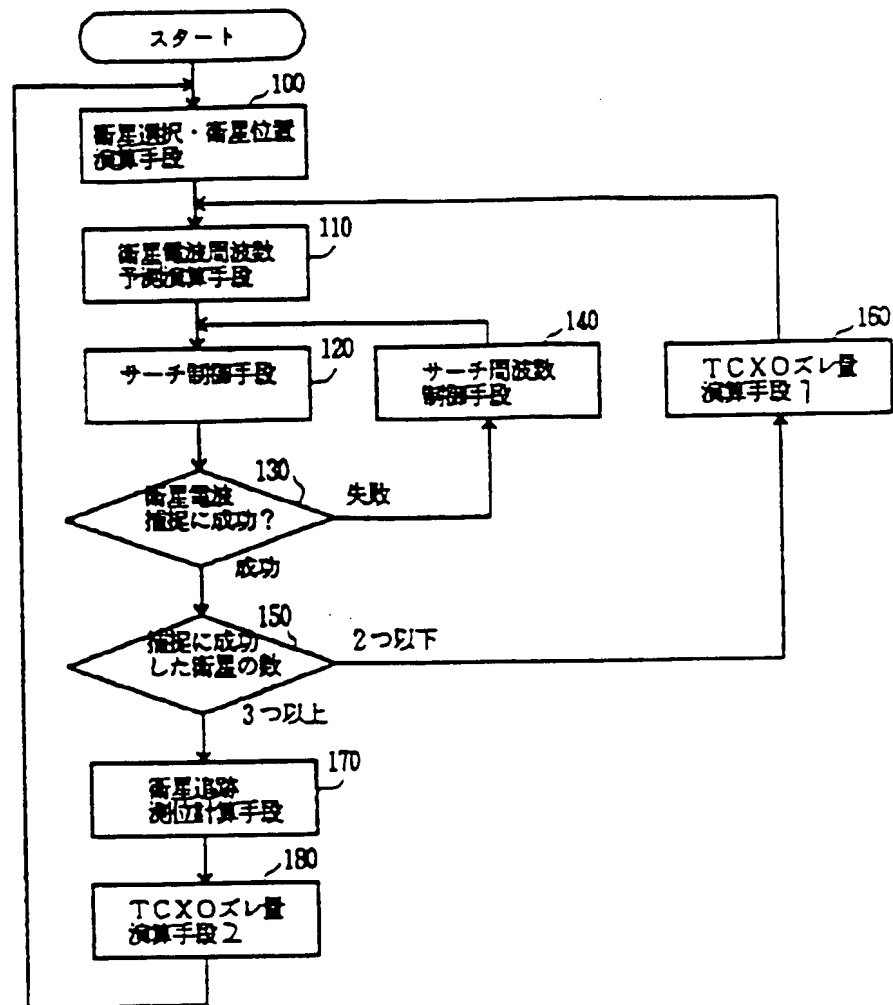
【符号の説明】

- 1 アンテナ
- 2 増幅部
- 3 基準周波数発振器
- 6 信号処理部

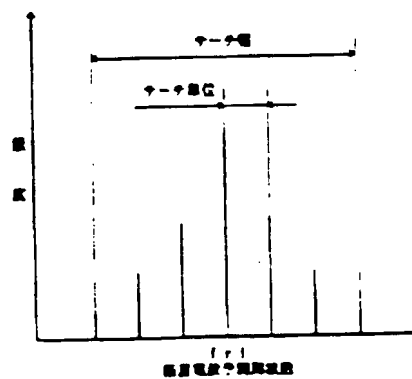
【図1】



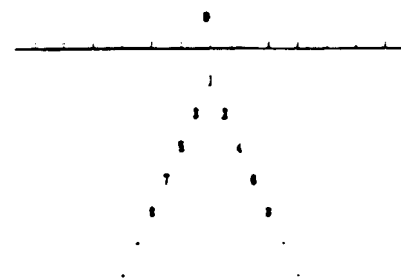
【図2】



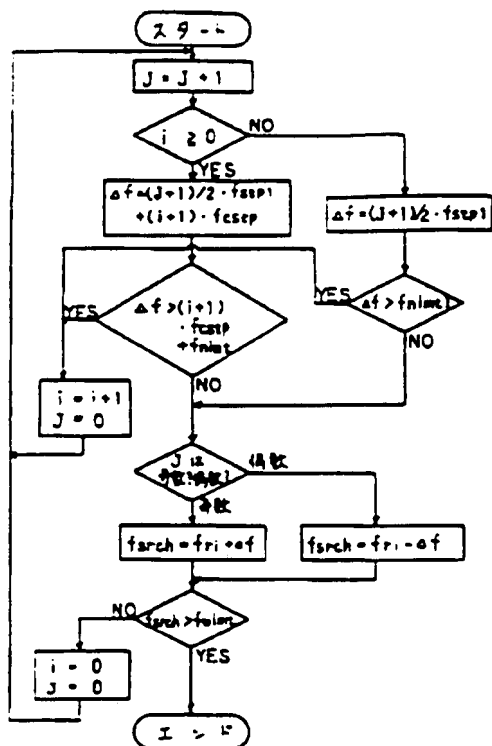
【図3】



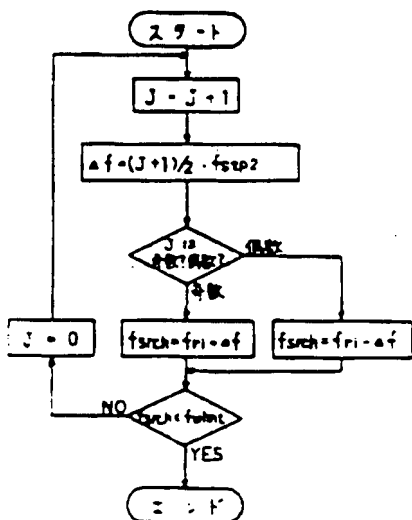
【図6】



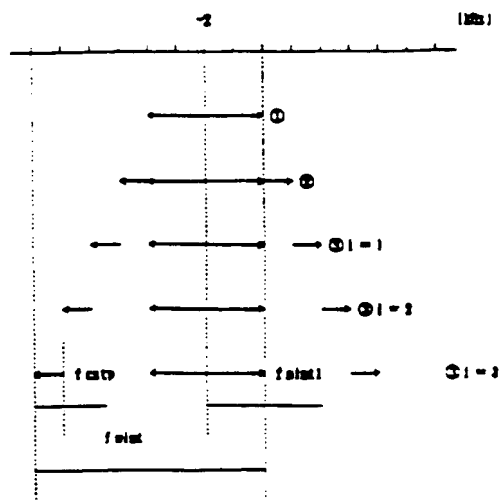
【図4】



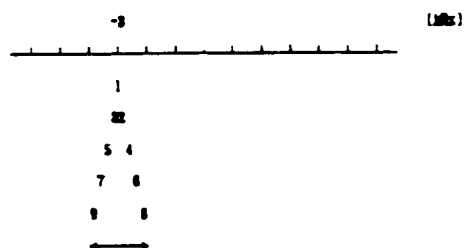
【図7】



【図5】

(例) 電圧電圧の周波数成分 $f_{ri} = f_0 - 2(MHz)$ の場合

【図8】

(例) 電圧電圧の周波数成分 $f_{ri} = f_0 - 3(MHz)$ の場合